# Universidade Federal de Minas Gerais
# Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Eletrônica
Laboratório de Informática Industrial


## 2ª AULA – Controlador Lógico Programável: Características de software. Princípios de programação em *Ladder*. Introdução ao módulo MICA.

*Objetivos*: Apresentar o funcionamento interno de um Controlador Lógico Programável (CLP) quanto aos aspectos de software. Introduzir os conceitos básicos da programação de CLPs em linguagem *ladder*. Apresentar o Módulo de Instrumentação, Controle e Automação (MICA).

### ATIVIDADES PRÉVIAS

Leia atenciosamente, em casa, o texto desta prática, de forma a agilizar os procedimentos a serem executados no laboratório.

### CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE DE UM CLP

Inicialmente, é importante distinguir "Controle Lógico" de "Controle Digital". Entende-se por Controle Lógico (ou ainda Controle Discreto) a operação com sinais de processo de natureza binária ("Liga/Desliga", "*On*/*Off*", etc.), como por exemplo os provenientes de chaves, botoeiras e relés como sinais de entrada, e comandos de liga/desliga motores, abre/fecha válvulas, etc., como sinais de saída. Quanto ao Controle Digital, opera com sinais analógicos de variação contínua e suave (após serem digitalizados por um conversor A/D) [Doebelin, 1985].

Os CLPs foram inicialmente criados para substituir painéis de relés, e consequentemente para a solução de problemas de controle lógico (e seqüencial). Atualmente, contudo, são capazes de executar tanto o controle lógico quanto o controle digital (malhas PID, usualmente). Dentre as operações lógicas vitais para um determinado processo, pode-se citar os procedimentos de partida e parada do sistema (equipamentos) e seqüenciamento de eventos (alguns passos da operação de um processo podem ocorrer em série, e outros em paralelo).

A execução dos programas carregados no CLP é cíclica, como demonstrado na Fig. 1. O tempo total decorrido em cada ciclo é denominado de *ciclo de varredura* (ou ainda "período de *scan*" ou simplesmente "*scan*"), e depende do tamanho e complexidade do programa *ladder* carregado pelo usuário.

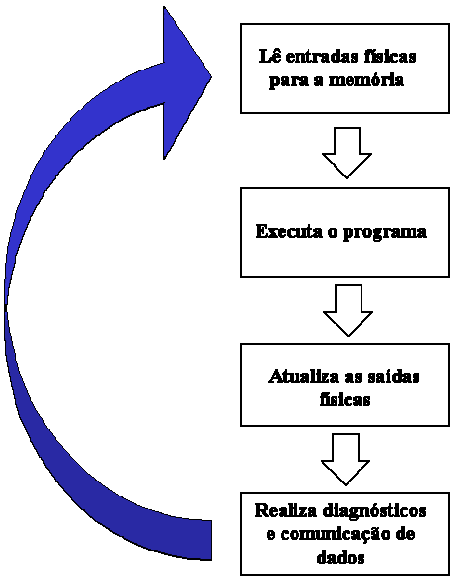
Lê entradas físicas para a memória
Executa o programa
Atualiza as saídas físicas
Realiza diagnósticos e comunicação de dados

**Figura 1:** Ciclo de varredura do CLP.

## ELEMENTOS BÁSICOS DA LINGUAGEM *LADDER* (DIAGRAMAS DE RELÉS)

Relés são pequenos dispositivos eletromecânicos que, quando energizados, fecham (no caso dos relés "normalmente abertos") ou abrem (no caso dos "normalmente fechados") um contato elétrico. A passagem ou não de corrente elétrica pelo contato pode ser associada aos estados lógicos "verdadeiro" e "falso" respectivamente.

Com o advento dos CLPs em meados da década de 1960, a chamada linguagem *ladder* surgiu para possibilitar a programação dos mesmos, por técnicos e engenheiros eletricistas, de uma forma bem similar à lógica de relés empregada até então. Num diagrama *ladder*, elementos de entrada combinam-se de forma a produzir um resultado lógico booleano, que então é atribuído a uma saída. A representação destes elementos é feita da seguinte forma:

- *Entradas:* São na maioria das vezes representadas por contatos normalmente abertos (NA), representados pelo símbolo –| |–, e pelos contatos normalmente fechados (NF), cujo símbolo é –|/|–. Estes elementos refletem, logicamente, o comportamento real do contato elétrico de um relé, no programa aplicativo.
- *Saídas:* São usualmente representadas pela *bobina simples*, cujo símbolo é –( )–. As bobinas modificam o estado lógico do operando na memória imagem do Controlador Programável, conforme o estado da linha de acionamento das mesmas.

Por lidarem com objetos booleanos, todo diagrama *ladder* pode ser traduzido para uma diagrama lógico e vice-versa. Contudo, a notação gráfica e mais compacta dos diagramas lógicos faz com que os mesmos sejam essenciais na documentação de projetos de automação e controle.

Como um primeiro exemplo de um programa em *ladder*, imaginemos um motor que é controlado por dois botões independentes, um de LIGA e outro de DESLIGA. Considerando que ambos botões sejam do tipo *pushbutton*, a figura 2 apresenta uma lógica simples para o acionamento do motor com base nos estados dos botões:

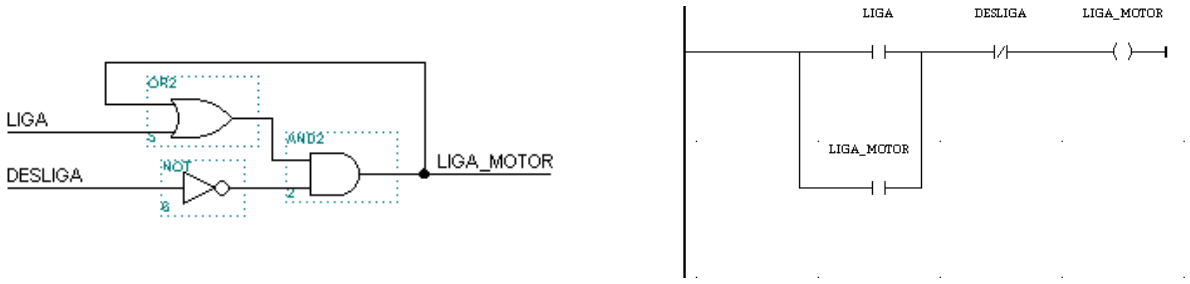


**Figura 2:** Diagrama lógico (esquerda) e programa *ladder* (direita) para o acionamento de um motor.

### Projeto e Programação *Fail-Safe*

Um conceito muito importante, no desenvolvimento de aplicações industriais de controle, é o de projeto *fail-safe*. Este conceito traduz-se na necessidade de desenvolvermos projetos e programas que levem em conta a possibilidade de falhas nos elementos físicos de processo, e também, tanto quanto possível, de falhas nos procedimentos operacionais humanos, de forma a garantir a máxima segurança possível.

Um exemplo deste tipo de programação, referente a um circuito de alarme de incêndio, é apresentado na Figura 3. Apesar de ambos os programas funcionarem, aquele exibido no lado direito da figura é obviamente mais seguro pois leva em conta a possibilidade de falha em um dos relés.

Como exercício final, a Figura 4 apresenta um programa *ladder* para o acionamento de um equipamento industrial que pode funcionar sob os modos de operação "local" ou "remoto". Analise o programa atentamente e execute as alterações necessárias para torná-lo *fail-safe*.

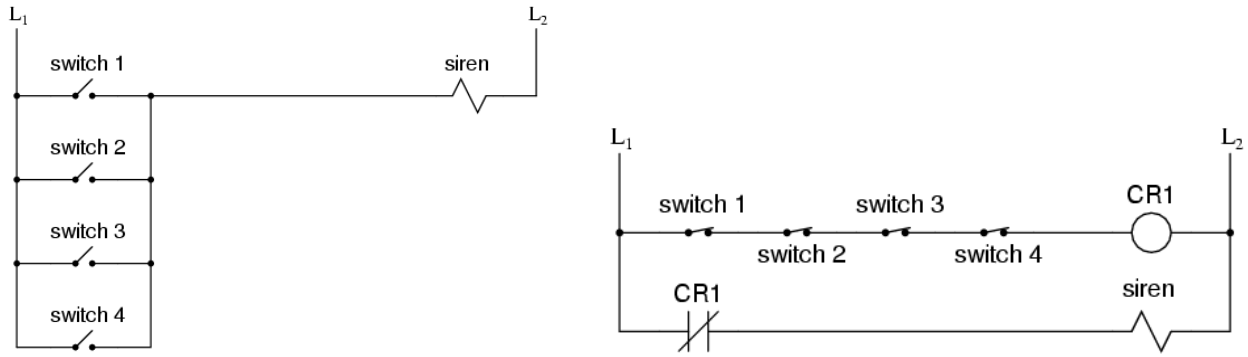


**Figura 3:** Programas em *ladder* para o controle de um circuito de alarme contra incêndio, baseado em quatro sensores independentes. O lado direito mostra a versão *fail-safe*.

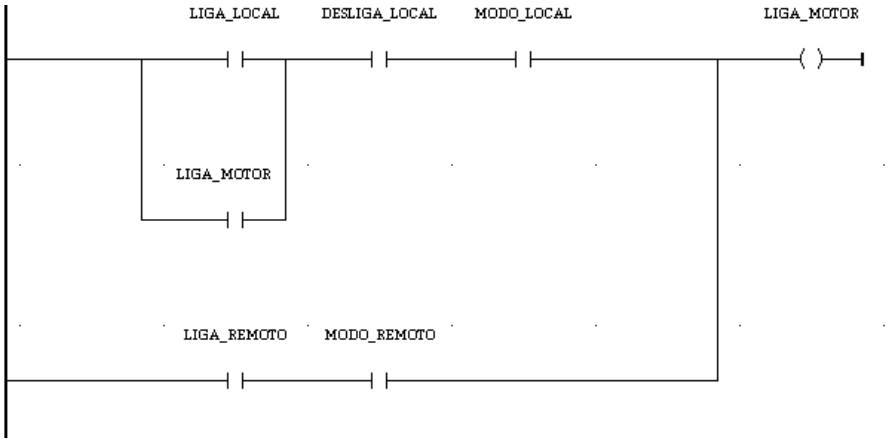


**Figura 4:** Programa *ladder* para o acionamento de um equipamento industrial que pode operar nos modos "local" ou "remoto".

## MÓDULO DE INSTRUMENTAÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO (MICA)

O módulo MICA é destinado ao aprendizado do funcionamento dos principais itens presentes nos processos de automação industrial, predial e residencial, que são os sensores, atuadores/indicadores e o CLP.

### Visão Geral

O MICA é um módulo reconfigurável que aloja os componentes básicos de automação (CLP, sensores e atuadores/indicadores), possibilitando conexões variadas via soquete, pinos e cabos baseados no padrão mini-banana. Os cabos possuem cores diferentes, sendo cada uma utilizada de acordo com cada borne, facilitando a montagem e a verificação dos circuitos.

Seu painel é composto por sensores (sensor fotoelétrico, indutivo e capacitivo) e atuadores (sinalizadores luminosos a LED, sirene, servomotor, contator) instalados permanentemente em um trilho DIN que possibilita a conexão de vários outros dispositivos com conexão mecânica DIN, como o CLP e respectivos módulos de expansão, fonte de 24Vcc, relés, etc. O MICA também possui um botão "soco" (ou botoeira de emergência) que dá segurança na montagem dos circuitos, cortando a alimentação destes até que tudo esteja conectado e conferido, ou no caso de uma emergência durante sua operação.

A figura 5 apresenta uma foto do MICA, indicando seus principais componentes.

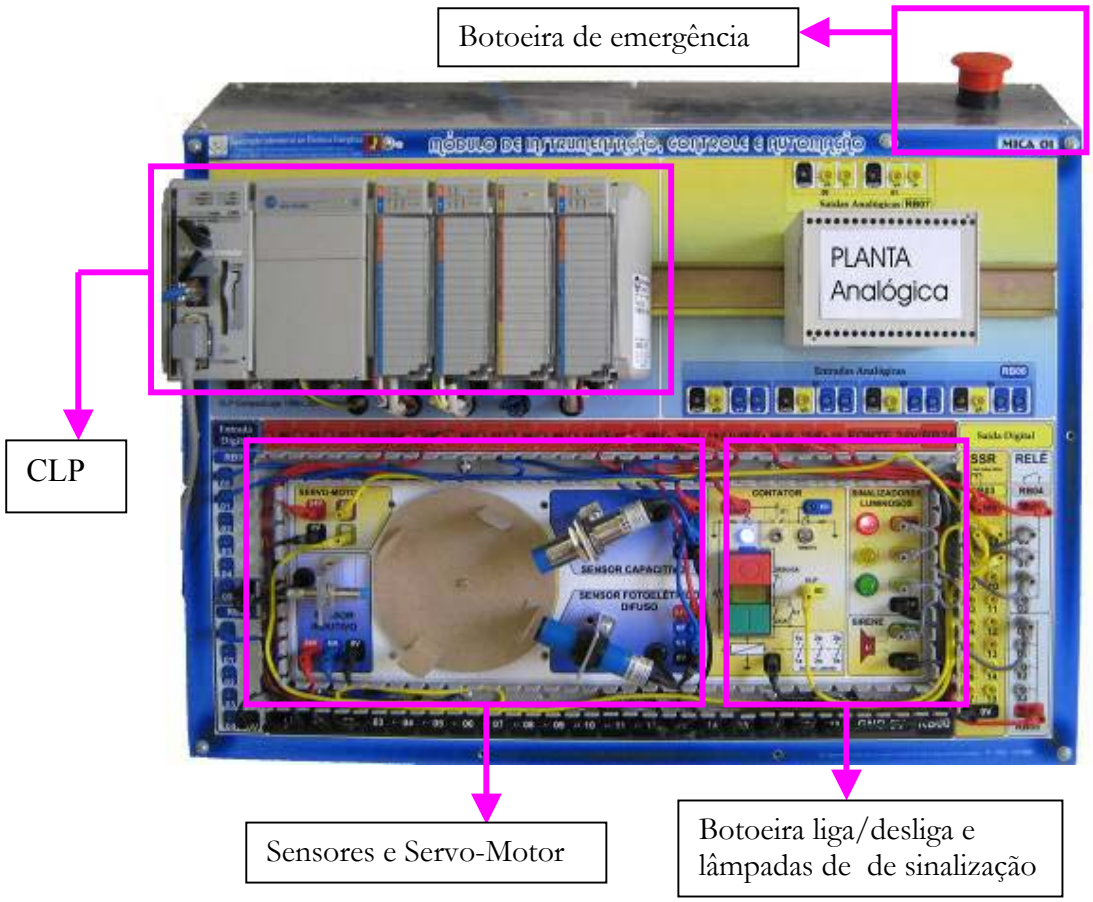


**Figura 5:** Principais componentes do MICA.

## Configuração do CLP

| Característica | Descrição | | ID na Régua de Bornes |
|---|---|---|---|
| Modelo | CompactLogix 1769 L32-E | | |
| Portas de Comunicação | 1 porta Ethernet<br>1 porta serial RS-232 | | |
| Entradas Digitais | 12 entradas 24Vcc distribuídas em 2 cartões (1769-IQ6XOW4 – Slots 1 e 2) | | RB01 e RB02 |
| Saídas Digitais | 8 saídas a relé distribuídas em 2 cartões (1769-IQ6XOW4 - Slots 1 e 2) | | RB04 e RB05 |
| | 16 saídas 24Vcc a transistor (1769-OB16 – Slot 3) | | RB03 |
| Entradas Analógicas | 4 entradas de 4-20mA ou 0-10Vcc (1769-IF4XOF2 – Slot 4) | | RB06 |
| Saídas Analógicas | 2 saídas de 4-20mA ou 0-10Vcc (1769-IF4XOF2 – Slot 4) | | RB07 |
| Fonte | Saída: 24Vcc, 1.5A | 19 pinos de 24Vcc | RB24 |
| | | 19 pinos de 0V | RB00 |

**Sensores Digitais**

Os sensores indutivo, capacitivo e fotoelétrico têm ampla utilização em processos industriais e em algumas aplicações em domótica. O sensor digital eletrônico substitui chaves mecânicas, apresentando ganhos em robustez e vida útil mais elevada.

| Tipo | Características | Foto |
|---|---|---|
| Sensor Capacitivo | Alimentação: 24Vcc<br>Contatos: NA e NF<br>Distância Sensora: 8mm | |
| Sensor Fotoelétrico | Alimentação: 24Vcc<br>Contatos: NA e NF<br>Distância Sensora: 100mm | |
| Sensor Indutivo | Alimentação: 24Vcc<br>Contatos: NF<br>Distância Sensora: 2mm | |

*Princípio de funcionamento:*

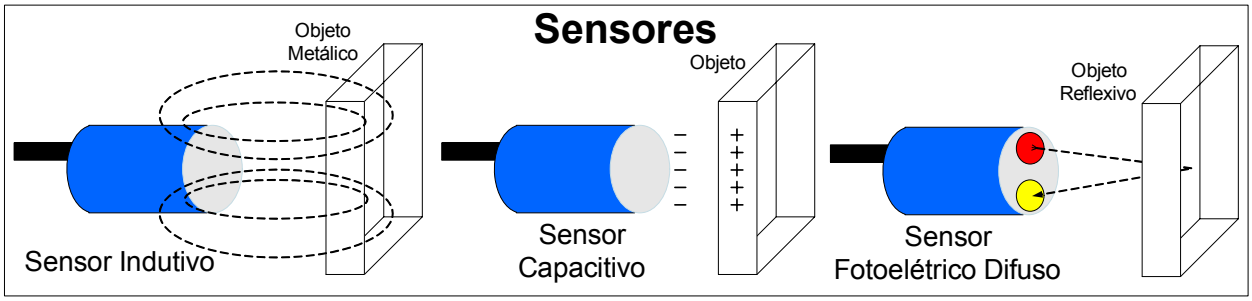


**Figura 6:** Princípio de funcionamento dos sensores digitais do MICA.

*Conexões elétricas:*

Dos sensores capacitivo e fotoelétrico saem quatro fios: marrom e azul para alimentação, conectados respectivamente nos bornes de 24V e 0V; e fios preto e branco, referentes às saídas e conectados respectivamente nos bornes NF (saída normalmente fechada) e NA (saída normalmente aberta). A lógica utilizada para definir uma saída NA de um sensor é que ela deve estar com nível baixo (0V) quando o sensor não está acionado, e em nível alto (24V) quando acionado. O oposto ocorre para a saída NF. As conexões estão representadas na figura 7.

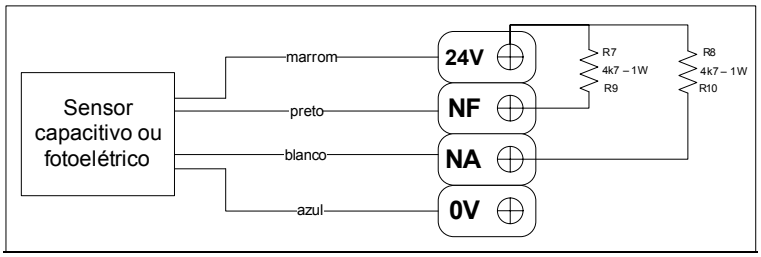


**Figura 7:** Diagrama de conexões dos sensores capacitivo e fotoelétrico.

No caso do sensor indutivo, os fios marrom e azul para alimentação são conectados respectivamente aos bornes de 24V e 0V, e o fio preto corresponde à saída NF (normalmente fechada)

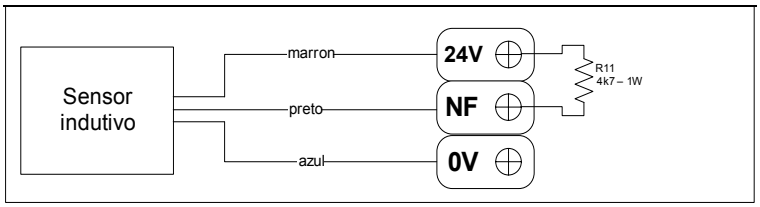


**Figura 8:** Diagrama de conexões do sensor indutivo.

## Atuadores

| Tipo | Características |
|---|---|
| Sinalizadores Luminosos | LEDs nas cores Vermelho, Amarelo e Verde<br>Alimentação: 24Vcc (Vm, Am e Vd)<br>0V comum a todos |
| Sirene | Alimentação: 24Vcc |
| Servo-Motor | . |
| Contator (C1) | Alimentação do circuito de acionamento: 24Vcc<br>Chave Seletora de Modo: Local/Remoto<br>LEDs indicadores de Modo: Local/Remoto<br>Saída Digital para Indicador de Modo (IM)<br>Entrada Digital para Acionamento Remoto (AR)<br>Contatos L1-T1/L2-T2/L3-T3 (Bornes laterais) |

*Sinalizadores Luminosos*

O MICA dispõe, em seu painel frontal, de um simulador de semáforo construído com três LEDs de 10mm de diâmetro nas cores verde, amarelo e vermelho, acionados com tensão de 24V, respectivamente, pelos bornes Vm, Am e Vd. Os LEDs podem ser acionados por um programa do CLP, por meio dos cartões à relé quando estes forem alimentados com 24Vcc, ou a relé de estado sólido (SSR). Podem ainda ser acionados diretamente pelos sensores, conectando-se a saída dos mesmos a alguma das entradas dos sinalizadores por meio de um cabo.

*Sirene*

A sirene é acionada através de qualquer saída digital de +24V.

*Disco servo-motor*

Trata-se de motor de corrente contínua com alimentação de 6V e com engrenagens para redução de velocidade. O acionamento do servomotor é feito com sinais de saídas digitais a transistor de 24V:

*Contator (C1)*

O contator C1 é utilizado para a alimentação do circuito de acionamento (24Vcc).chave seletora de modo e a utilização dos *push-buttons* de "Liga" e "Desliga" em modo local.

## Referências

Braga, A.R. (1994): *Implementação de Estratégias de Controle Multimalha e Multivariável.* Dissertação de Mestrado, PPGEE-UFMG.

Doebelin, E.O. (1985): *Control Systems Principles and Design*, Wiley, New York.

Braga, A.R., Braga, C.P.M., Giaculi Jr., C. (2007): Módulo de Instrumentação, Controle e Instrumentação – Manual de Utilização. Departamento de Engenharia Eletrônica (UFMG).